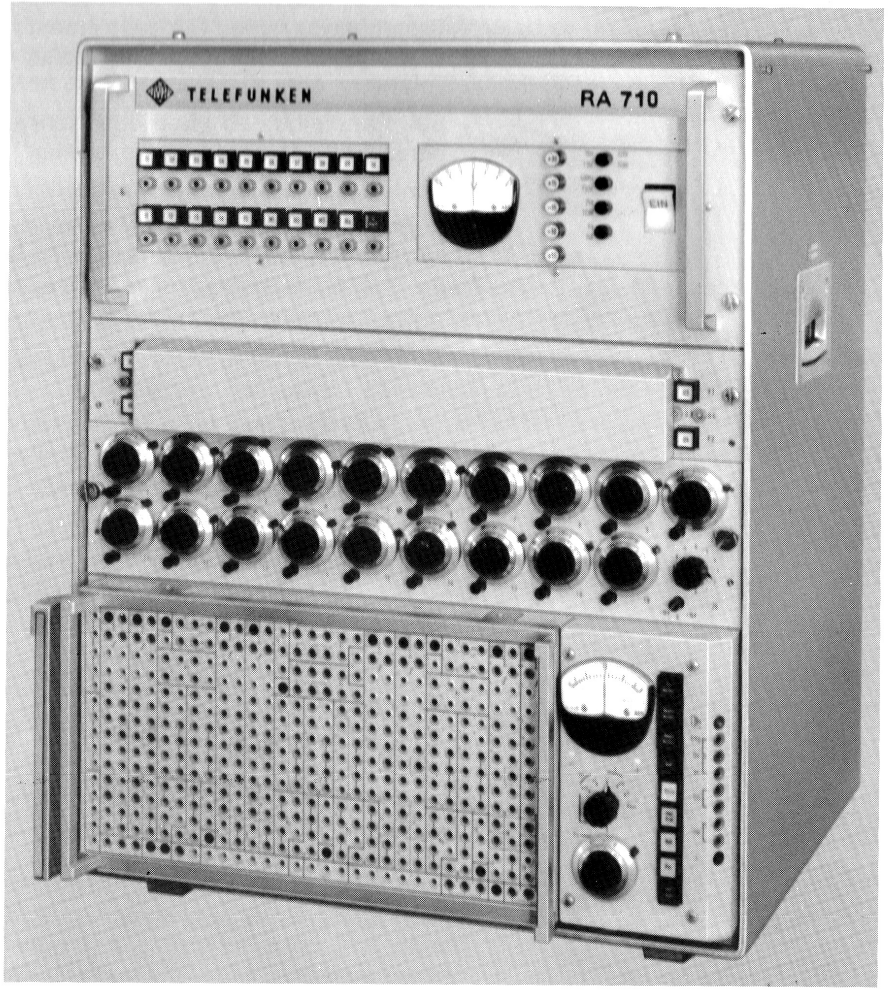
Tischanalogrechner RA 710



Anwendung

Der Tischanalogrechner **RA 710** hat sich als ein flexibles Hilfsmittel von hoher Genauigkeit erwiesen, besonders bei der

- Bearbeitung gewöhnlicher und mit Einschränkungen partieller Differentialgleichungen
- Untersuchung dynamischer Vorgänge auf allen physikalisch-technischen und biologisch-medizinischen Forschungsgebieten
- Simulation von Prozessen, Anlagen und Geräten.

Bei größeren Aufgabenstellungen lassen sich bis zu drei RA 710 zusammenschalten.

Besondere Merkmale

- Kurzschlußfeste Rechenverstärker, unzerstörbare Absicherung der Koeffizientenpotentiometer durch Kaltleiter und elektronischer Überlastungsschutz der Referenzspannung sowie der Netzgeräte.
- Anpassung der Bestückung an die jeweilige Aufgabenstellung durch Einsatz problemorientierter Funktionsnetzwerke
- Zusätzliche Erweiterung des Rechenelementeumfanges um Verstärker, Parabelmultiplizierer, zahlreiche Funktionsgeber-Arten, elektronische Resolver und Rauschgeneratoren durch direkt anschließbare Zusatzgeräte
- Systemkonzept zur Anlagenerweiterung durch direkt anschließbaren Digitalzusatz DEX 100
- Iteratives und abschnittweises Rechnen durch Integriersteuerung vom Digitalzusatz aus.

Bedienungskomfort

- Betriebsartenwahl durch Leuchttasten
- Für die Betriebsarten „Pause", „Einmal Rechnen" und „Halt" auch Externsteuerung durch Steuerbuchsen auf dem Programmierfeld
- Tastenanwahl aller Rechenelemente mit Direktanzeige der Ausgangsspannungen am eingebauten Voltmeter und am anschließbaren Digitalvoltmeter oder Oszillographen
- Bei Parallelbetrieb, Betriebsartensteuerung der Gesamtanlage durch einen frei wählbaren Hauptrechner
- Zentraler Anschluß aller Ausgabegeräte
- Koppelfelder, die bei der Parallelschaltung von weiteren Rechnern, Zusatzgeräten oder Digitalzusätzen, automatisch Querverbindungen für die Weitergabe von Rechen- und Steuerspannungen herstellen
- Durchschaltung aller Steuer- und Meßleitungen sowie der Referenzspannung auf den Hauptrechner
- Stetige Einstellung der Rechenzeiten an genauem Zeitgeber
- Vereinfachte Einstellung der Funktionsgeber durch eine Einstellvorrichtung
- Kompensationsmeßeinrichtung für genaue Potentiometer- und Funktionsgebereinstellung
- Automatische Übersteuerungsanzeige
- Automatischer Übersteuerungshalt zusätzlich einschaltbar.

Rechenelemente

Rechenverstärker

Die chopperstabilisierten Verstärker bestehen jeweils aus zwei Steckeinheiten, die in vorverdrahtete Magazine einsteckbar sind und teilweise als Umkehrer, Summierer oder Integrierer verwendet werden können. Summierer und Integrierer haben je fünf Eingänge (1, 1, 1, 10 und 10) und einen am Programmierfeld zugänglichen Summenpunkt.
Für jeden Integrierer sind 2 Integrierkondensatoren frei wählbar, d. h. es stehen die Integrationskonstanten 0,01, 0,1 und 1 s zur Verfügung. Eingänge zur Einzelsteuerung und Speicherprogrammierung für je 2 Integrierer sind auf dem Analog-Programmierfeld und parallel am Digitalzusatz zugänglich.
Alle Summierer können auch als offene Verstärker programmiert werden. Umkehrverstärker sind am Programmierfeld den Multiplizierern und Funktionsgebern direkt zugeordnet.

Koeffizientenpotentiometer

Die Potentiometer sind drahtgewickelte, zehngängige Handpotentiometer von hoher Präzision. Zu ihrer Absicherung sind Kaltleiter (Glühlämpchen) eingesetzt, die durch ihre Strombegrenzung die Potentiometer vor Überlastung schützen.

Multiplizierer

Es stehen vier standardmäßig eingebaute Parabelmultiplizierer mit einer Genauigkeit von 0,1 % zur Verfügung (zusätzliche Parabelmultiplizierer siehe Abschnitt Funktionsplätze).
Durch entsprechende Programmierung eines Parabelmultiplizierer-Netzwerkes in die Rückführung eines offenen Verstärkers lassen sich die Operationen „Dividieren" und „Radizieren" durchführen.

Variable Funktionsgeber

Die variablen Funktionsgeber erlauben es, vorgegebene Kurven durch Polygonzüge, bestehend aus 20 Geradenstücken, nachzubilden. Dabei sind die 21 Knickpunkte in äquidistanten Abschnitten fest voreingestellt. Die Einstellung der Funktionswerte wird mit Hilfe des zehnstufigen Spannungsteilers und der Kompensationsmeßeinrichtung des Rechners oder mit einem Digitalvoltmeter vorgenommen.

Komparatoren

Die Komparatoren ermöglichen die Umschaltung von Rechenspannungen. Solange kein Digitalzusatz angeschlossen ist, ist jedem Komparatorverstärker ein mechanischer oder elektronischer Komparatorschalter fest zugeordnet. Beim Anschluß eines Digitalzusatzes sind die Ausgänge der Komparatorverstärker und je zwei Steuereingänge der Komparatorschalter auf dem Digital-Programmierfeld programmierbar. Auf diese Weise können digitale Steuerabläufe den analogen Rechenvorgang beeinflussen.

Funktionsplätze

Auf 8 Funktionsplätzen, die von der Rechnerrückseite zugänglich sind, können nachfolgend aufgeführte Komponenten eingesetzt werden:

(Die in Klammern angeführten Zahlen geben an, wieviele Funktionsplätze durch die jeweilige Einheit belegt werden.)

- Netzwerke für feste Funktionen

  Parabelmultiplizierer $X \cdot Y$ (4)

  Quadratfunktion $+ X^2$ oder $- X^2$ (4)

  Sinusfunktion $\sin \frac{\pi}{2} X$ oder $\sin \pi X$ (2)

  Cosinusfunktion $\cos \frac{\pi}{2} X$ oder $\cos \pi X$ (2)

  Arcus-Sinusfunktion $\frac{2}{\pi} \arcsin X$ (2)

  Logarithmusfunktion $+ \frac{1}{2} \lg (- 100\, X)$ und Logarithmusfunktion $- \frac{1}{2} \lg 100\, X$ (2)

- Netzwerke für variable Funktionen (einstellbare Universalfunktionen) (1)

  Es stehen 8 verschiedene Kartentypen mit jeweils 5 bzw. 6 verschiebbaren Knickpunkten zur Verfügung, die entsprechend der gewünschten Funktion kombiniert werden können.

- Zwei Speichernetzwerke (4)
- Zwei Komparatorschalter (wahlweise mechanisch oder elektronisch) (4)
- Rauschgenerator (4)
- Universalknickfunktion (Begrenzer) (4)

Für weitere Rechenelemente stehen Zusatzgeräte zur Verfügung.

Programmierfeld

Die Übersichtlichkeit durch einen entsprechenden Farbcode der Buchsen und die Anordnung der Rechenelemente ist auf dem auswechselbaren Programmierfeld so vorgenommen, daß ein leichtes Auffinden der verschiedenen Rechenelemente möglich ist.
Alle Rechenelemente sind kurzschlußfest ausgelegt, so daß durch irrtümliches Herstellen falscher Verbindungen kein Schaden angerichtet wird. Durch das Aufleuchten von Übersteuerungsanzeigen bzw. Kontrollanzeigen der Referenzspannungen wird auf derartige Programmierfehler aufmerksam gemacht.

Bediengerät

Das zentrale Bediengerät steuert den Rechner und die Ausgabegeräte. Es enthält die Betriebsartensteuerung, den Zeitgeber und die Kompensationsmeßeinrichtung.

Betriebsartenwahl

Die Betriebsarten werden durch Drücken der entsprechend bezeichneten Leuchttaste am Bediengerät gewählt. Sie können bei Zusammenschaltung mit dem Digitalzusatz auch in Abhängigkeit von errechneten Größen von diesem gesteuert werden.

Taste **„Pause“**

Die Betriebsart „Pause“ ist der Ausgangszustand aller Rechenvorgänge. Bei gedrückter Taste übernehmen die Integrierer die programmierten Anfangswerte.

Taste **„Einmal Rechnen“**

Bei Betätigung der Taste „Einmal Rechnen“ läuft der Rechenvorgang für z. B. schreibende oder fotografische Aufzeichnung (XY-Schreiber bzw. Oszillograph) mit einstellbarer Rechenzeit zwischen 100 ms und 110 s einmalig ab. Dieser Vorgang kann auch über den Fotokontaktauslöser gestartet werden.

Taste **„Repetierend Rechnen“**

Es ergibt sich hier ein zyklischer Wechsel zwischen „Pause“ und „Rechnen“. Die Repetierzeit ist an einem genauen Zeitgeber zwischen 100 ms und 110 s kontinuierlich einstellbar, mit entsprechender automatischer Anpassung der Pausenzeit.

Taste **„Rechnen mit Halt“**

Hier geht der Rechner nach Ablauf der eingestellten Rechenzeit in die Halt-Stellung. Alle Rechenwerte bleiben gespeichert, und die erreichten Rechenspannungen sind dann auswertbar. Durch Betätigung der Taste „Einmal Rechnen“ kann die Rechnung von diesem Zustand aus weitergeführt werden.

Taste **„Dauerrechnen“**

Diese Taste ist zur Durchführung von Langzeitrechnungen und beim Einsatz des Rechners als Simulator bestimmt. Das Rechenzeitende ist dabei nicht fest vorgegeben, sondern wird durch Drücken der Taste „Halt“ oder „Pause“ beendet.

Taste **„Halt“**

Die Betriebsart „Halt“ ermöglicht das willkürliche Anhalten der Rechnung zu jedem Zeitpunkt. Alle Rechenspannungen bleiben dabei erhalten und können gespeichert werden.

Taste **„Potentiometer Einstellen“**

Durch Drücken der Potentiometer-Taste werden alle Koeffizientenpotentiometer zur Einstellung vorbereitet.

Taste **„Nullen“**

Diese Taste dient in Verbindung mit den Verstärker-Anwahltasten zum Nullabgleich der Rechenverstärker.

Taste **„Statisches Prüfen“**

Die Betriebsart „Statisches Prüfen“ gestattet das Prüfen von Rechenschaltungen auf richtige Programmierung und Koeffizienteneinstellung durch Messung stationärer Lösungswerte und Vergleich mit zuvor rechnerisch ermittelten diskreten Lösungen.

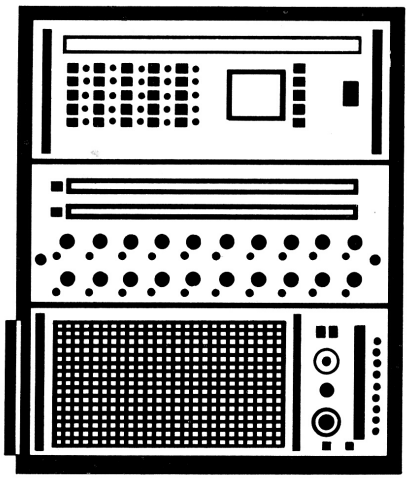
Standardbestückung

23 Rechenverstärker, davon
- 8 Integrierer/Summierer (umschaltbar); Integrierer paarweise steuerbar
- 7 Summierer
- 4 Umkehrer/Summierer (mit erweiterbarem Eingangsnetzwerk)
- 4 Umkehrer

19 Koeffizientenpotentiometer (zehngängig) mit unzerstörbaren Sicherungen
1 Spannungsteiler (zehnstufig) für Funktionsgebereinstellung. Auch für Koeffizienteneinstellung verwendbar
2 variable Diodenfunktionsgeber (je 20 Strecken)
4 Parabelmultiplizier-Netzwerke
2 Komparatoren mit je 2 Schaltern (wahlweise mechanisch oder elektronisch)
8 Funktionsplätze (unbestückt) zur Aufnahme von Steckeinheiten nach Wahl (s. Seite 35)
2 freie Integrierkondensatoren
4 freie Dioden
1 auswechselbares Programmierfeld
1 Satz Programmierzubehör

Technische Daten

RA 710



Referenzspannung	+ 10 V und − 10 V
Inkonstanz	≦ 0,01 %

Rechenkomponenten

Eingangswiderstände der Integrierer/Summierer	
Bewertung 1	200 kΩ ± 0,02 %
Bewertung 10	20 kΩ ± 0,02 %
Anfangsbedingung	20 kΩ ± 0,02 %
Rückführwiderstand	200 kΩ ± 0,02 %
Rechenkondensatoren	5 / 0,5 µF
Abgleichfehler (Raumtemp. 23° C)	0,05 %
Langzeitfehler	< 0,03 % / Jahr
Temperaturfehler	− 100 · 10^{-6} / ° C

Integrierer-Steuerschalter

Schaltzeit	5 ms typ.
Schaltzeitstreuung	± 2 ms

Rechenverstärker
Allgemeine Daten

Grenze der Spannungssteuerung bei Belastung mit 10 mA	10,5 V
Gleichspannungsverstärkung	≧ 10^8
Eingangswiderstand	> 100 kΩ
Frequenz bei Verstärkung 0 dB	250 kHz typ.
Verstärkung bei 1 kHz	2 · 10^3
Nullpunktfehler bezogen auf den Summenpunkt	
Langzeitdrift	≦ 10 µV / 8 h
Temperaturdrift	≦ 1 µV/° C

Daten der Inverter

Rückführwiderstand	20 kΩ	200 kΩ
Bandbreite (3 dB) (Kleinsignal)	85 kHz	15 kHz
Impulsanstiegszeit	25 µs / 10 V	50 µs / 10 V
Phasenfehler		
bei 100 Hz	0,04°	0,25°
bei 1 kHz	0,8°	5°
Dyn. Amplitudenfehler		
bei 100 Hz	2 · 10^{-4}	8 · 10^{-4}
bei 1 kHz	1 · 10^{-3}	8 · 10^{-2}
Rauschen am Ausgang bei voller Bandbreite	0,2 mV typ.	0,5 mV typ.

Parabelmultiplizierer

Multiplizierer SPM 134	
Produktfehler X · Y	0.1 % FS
Nullpunktfehler X · 0 bzw. Y · 0	0,05 % FS
Temperaturfehler	0,01 % FS/°C

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 35)

Koeffizientenpotentiometer

drahtgewickelt, zehngängig	
Widerstand	10 kΩ
Auflösung	0,02 %

Funktionsgeber

Zur Einstellung beliebiger Funktionen in vier Quadranten. Approximation durch Gerade mit variabler Steigung in 20 festen Abschnitten. Ein 21. Potentiometer verschiebt die gesamte Funktion zwischen + 10 V und – 10 V.

Konstanz und Reproduzierbarkeit:	0,1 % typ. 0,2 % max.
Maximale Steigung	± 3,5 V/V
Rauschen am Ausgang	5 mV typ.

Komparatorverstärker

Ansprechempfindlichkeit	1 mV typ.
Ausgangssignal	binär 0 ≙ 0 V binär 1 ≙ 10 V
Schaltzeit	10 µs typ.

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 36)

Komparatorschalter

Ansteuerung durch binär 0 bzw. 1 aus Komparatorverstärkern oder Elementen des Digitalzusatzes. Wahlweise mechanische oder elektronische Schalter.

Schaltzeiten	600 ± 100 µs (mechanisch) 2 µs (elektronisch)

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 36)

Stromversorgung

Netzspannung	110, 127, 220 und 240 V, 50 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme	150 VA (bei voller Bestückung)

Abmessungen

Höhe	670 mm
Breite	550 mm
Tiefe	500 mm

Gewicht 105 kg

Abmessungen des Programmierfeldes

Höhe	218 mm
Breite	365 mm

Zubehör für den Rechner

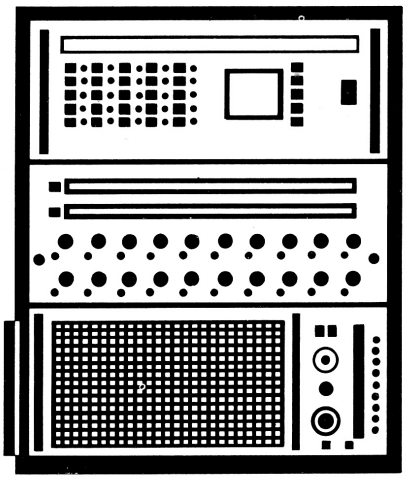
1 Satz Programmierzubehör:
- 8 Umschaltstecker, vierpolig
- 40 Kurzschlußstecker, zweipolig
- 20 Rechenschnüre 0,125 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,25 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,50 m lang
- 8 Rechenschnüre 1,00 m lang
- 12 Rechenschnüre 1,50 m lang

} sortiert in den Farben schwarz, rot, blau, grün

1 Kabelrechen

1 Flexo-Schuko-Leitung

RA 742



Referenzspannung + 10 V und − 10 V

Inkonstanz ≦ 0,005 %

Rechenkomponenten

Eingangswiderstände der Integrierer/Summierer	
Bewertung 1	200 kΩ ± 0,02 %
Bewertung 10	20 kΩ ± 0,02 %
Anfangsbedingung	20 kΩ ± 0,02 %
Rückführwiderstand	200 kΩ ± 0,02 %
Rechenkondensatoren	5 / 0,5 / 0,05 µF
Abgleichfehler (Raumtemp. 23° C)	0,05 %
Langzeitfehler	< 0,03 % / Jahr
Temperaturfehler	$-100 \cdot 10^{-6}$ / ° C

Integrierer-Steuerschalter

mechanisch: Schaltzeit	800 µs typ.
Schaltzeitstreuung	± 200 µs
elektronisch: Schaltzeit	1 µs typ.

Rechenverstärker
Allgemeine Daten

Grenze der Spannungssteuerung bei Belastung mit 10 mA	10,5 V
Gleichspannungsverstärkung	10^9 typ.
Eingangswiderstand	> 100 kΩ
Frequenz bei Verstärkung 0 dB	250 kHz typ.
Verstärkung bei 1 kHz	$2 \cdot 10^3$
Nullpunktfehler bezogen auf den Summenpunkt	
Langzeitdrift	5 µV / 24 h
Temperaturdrift	≦ 0,5 µV/° C